Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 1, Spring - Summer 2019, p. 177-193

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۸، ص ۱۹۳-۱۷۷

تحلیل انرژی مصرفی و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید انگور در منطقه هزاوه شهرستان اراک

پیام محسنی[1]- سید علی محمد برقعی[2*]- مجید خانعلی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۲

چکیده

در این تحقیق به بررسی وضعیت مصرفی انرژی و میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی با استفاده از ارزیابی چرخه حیات تولید انگور در منطقه هزاوه شهرستان اراک پرداخته شده است. داده‌های لازم از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری از ۵۸ تولیدکننده انگور جمع‌آوری شد. انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده با استفاده از هم‌ارزهای انرژی نهاده‌ها و ستانده به‌دست آمد و با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو[4] و مدل سی‌ام‌ال[5]، ده گروه تأثیر زیست‌محیطی با نام‌های تقلیل منابع غیرآلی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای، گرمایش جهانی، نقصان لایه ازون، پتانسیل مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، پتانسیل مسمومیت خاک و اکسیداسیون فتوشیمیایی تولید انگور در ابعاد مختلف زمین مطالعه شد. نتایج مطالعه، کل انرژی ورودی مورد نیاز را برای تولید انگور برابر با ۱۸۵۴ مگاژول بر تن نشان داد. نهاده‌های کود پرندگان و کود نیتروژن هریک ۲۶٪ از سهم کل انرژی ورودی را به‌خود اختصاص دادند. نتایج مقایسه آماری نشان داد که بین انرژی مصرفی برای تولید هر تن انگور در تاکستان‌های بزرگ و متوسط اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، درحالی‌که مصرف انرژی برای تولید هر تن انگور در تاکستان‌های کوچک، اختلاف معنی‌داری نسبت به دو نوع متوسط و بزرگ داشت. همچنین نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی در تولید انگور به‌ترتیب ۵/۷۵ و ۰/۴۸ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. نتایج ارزیابی چرخه حیات، میزان گرمایش جهانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات قرن حاضر ناشی از تولید هر تن انگور را برابر ۵۰۸/۶۳ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل نشان داد. همچنین نتایج وزن‌دهی نشان داد اسیدی شدن ناشی از مصرف مسقیم نهاده‌ها در باغ بیش‌ترین بار زیست‌محیطی را در تولید انگور به‌خود اختصاص داده است. در نهایت نتایج نشان داد تاکستان‌ها با ابعاد باغی بزرگ‌تر، با توجه به میزان عملکرد بالا سازگاری زیست‌محیطی مناسبی داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چرخه حیات، انگور، بهره‌وری، تحلیل انرژی

مقدمه

در حال حاضر عمده تولیدات کشاورزی بر پایه استفاده از منابع محدودی مثل سوخت‌های فسیلی، منابع آبی و دیگر نهاده‌های غیرقابل تجدید است. محدود بودن منابع انرژی از یک‌سو و افزایش روزافزون تقاضای انرژی به دلیل افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به غذا از سوی دیگر عواملی هستند که باعث ارتقاء درجه اهمیت مدیریت مصرف انرژی در برنامه‌ریزی کلان و خرد در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه گردیده است. از سوی دیگر مصرف بی‌رویه انرژی مشکلات زیست‌محیطی مانند آلودگی آب، خاک، هوا، کاهش حاصل‌خیزی، فرسایش خاک و تقلیل منابع را در پی خواهد داشت. از این رو مدیریت بهینه مصرف انرژی در کشاورزی به‌منظور انتخاب راه‌کارهای مناسب جهت کاهش اثرهای زیست‌محیطی ضروری بوده و یکی از شاخص‌های مهم توسعه پایدار محسوب می‌شود (Tzilivakis *et al.*, 2005).

با توجه به اهمیت تولید پایدار یکی از راه‌های تحقق توسعه پایدار در کشاورزی، بررسی جریان انرژی ورودی‌ها و خروجی‌ها در تولید محصول است که می‌تواند ابعاد ناشناخته‌ای از روند تولید محصول را که در سایر روش‌های مدیریتی اعم از روش‌های رایج مطالعه

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دوره دکتری تخصصی رشته مکانیک ماشین‌های کشاورزی و استاد، گروه مهندسی سیستم‌های کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
(* - نویسنده مسئول: Email: borghaee3@gmail.com)
DOI: 10.22067/jam.v9i1.67645
4- Simapro
5- CML 2 baseline

مکانیزاسیون و یا روش‌های اقتصادی مورد توجه قرار نمی‌گیرد، روشن سازد (Mani *et al*., 2007). از سوی دیگر بررسی اثرهای زیست‌محیطی سامانه‌های تولیدی نیز سبب دست‌یابی به اهداف توسعه پایدار می‌گردد. در سال‌های اخیر ارزیابی چرخه حیات به ابزار مناسبی جهت بررسی و تعیین میزان تاثیرات زیست‌محیطی در تولیدات کشاورزی و صنایع غذایی تبدیل گردیده است؛ به‌طوری که در بسیاری از کشورها از آن به‌عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری‌های کلان در برنامه‌ریزی تولیدات کشاورزی استفاده می‌کنند (Soltanali *et al*., 2015; Marras *et al*., 2015; Ferrari *et al*., 2017). به عبارت دیگر، ارزیابی چرخه حیات روشی برای تعیین تمام تاثیرات محیطی مرتبط با یک محصول، فرآیند یا خدمات و تمام آلاینده‌های منتشر شده و مواد زائد رها شده به طبیعت است (Rebitzer *et al*., 2004). در طول قرن گذشته از این شیوه بیش‌تر در زمینه تحلیل تولیدات زراعی و تاثیراتی که سامانه‌های زراعی بر روی محیط‌زیست می‌گذارد، استفاده گردیده است (Sahle and Potting, 2013).

انگور (*Vitis vinifera* L.) از مهم‌ترین محصولات دانه ریز باغی می‌باشد که امروزه در سطح وسیعی از باغ‌های سراسر جهان کشت می‌شود. براساس آخرین آمار مربوط به سازمان خوار و بار جهانی، انگور در سال ۱۳۹۴ از لحاظ تولید در ایران، پس از سیب در رده دوم کشوری در محصولات باغبانی با تولید سالانه ۲۰۵۶۶۸۹ تن، قرار دارد (FAO, 2014). ایران دهمین تولیدکننده انگور دنیا است که حدود ۲/۷۶ درصد از کل تولید انگور دنیا را به‌خود اختصاص داده است. ایران در سال‌های ۲۰۱۴ پس از کشورهایی مانند اسپانیا، چین و کشورهای تابعه، فرانسه، ایتالیا، ترکیه، آمریکا و آرژانتین، با سطح زیر کشت بیش از ۲۱۳۱۱۱ هکتار و عملکردی معادل با ۹/۶۵ تن بر هکتار انگور قرار گرفته است (FAO, 2014). به دلیل گسترش کشت انگور و لزوم پایداری در تولید این محصول به دلیل مصرف تازه‌خوری و محصولات فرآوری شده از آن از قبیل کشمش و سرکه، در خصوص ارزیابی جریان انرژی و مطالعه اثرهای زیست‌محیطی انگور، مطالعات مختلفی در ایران و سایر نقاط جهان صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره شده است.

در تحقیقی جریان انرژی و انتشار گازهای گل‌خانه‌ای چرخه حیات تولید انگور در استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی نتایج این تحقیق نشان داد برای تولید هر هکتار انگور، میزان کل انرژی ورودی ۳۹۹۶۸/۴۹ مگاژول بر هکتار و میزان انرژی خروجی ۲۱۸۷۱۳ مگاژول بر هکتار (معادل انرژی انگور تولیدی) بوده است. هم‌چنین در این تحقیق میزان نشر گازهای گل‌خانه‌ای در تولید هر هکتار انگور ۸۵۸/۶۲۱ کیلوگرم کربن‌دی اکسید معادل برآورد شد که عمده دلیل این میزان نشر، مصرف کود نیتروژن و الکتریسته بوده است که برای کاهش میزان انتشار استفاده از کودهای حیوانی پیشنهاد شده است (Mardani and Taghavifar, 2016). هم‌چنین در شهرستان شهریار برای تولید هر هکتار انگور ۳۱۷۷۷ مگاژول انرژی مصرف شده است که سهم کود نیتروژن ۳۶ درصد بوده است. هم‌چنین میزان انرژی خروجی ۲۰۲۸۷۱ مگاژول بر هکتار گزارش شده است (Karimi and Moghaddam, 2016). در تحقیقی در رابطه با تولید انگور به صورت گل‌خانه‌ای و تولید در باغ در ترکیه میزان انرژی مصرفی به‌ترتیب برابر ۲۴۵۱۳ و ۲۳۶۴۰/۹ مگاژول برای هر هکتار گزارش شده است درحالی میزان انرژی خروجی ۷۳۳۹۶ مگاژول بر هکتار در کشت گل‌خانه‌ای و ۱۲۰۵۹۶ مگاژول بر هکتار تولید انگور در باغ برآورد شده است. در این تحقیق سوخت دیزل مهم‌ترین عامل در مصرف انرژی در باغ و گل‌خانه گزارش شده است (Ozkan *et al*., 2007). در تحقیقی دیگر اثرهای زیست‌محیطی تاکستان‌های انگور کشورهای جنوب اروپا از جمله فرانسه و اسپانیا مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این مطالعه گروه‌های تأثیر زیست‌محیطی اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای، گرمایش جهانی، اکسیداسیون فوتوشیمیایی تفاضل زمین و شاخص سمیت زیستی در کشت انگور با رویکرد چرخه حیات مطالعه شد. میزان کربن دی‌اکسید معادل به ازای تولید هر ۱/۱ کیلوگرم انگور ۴۶۲/۷ گرم محاسبه شد. ترکیب ارزیابی چرخه حیات و تحلیل پوششی داده‌ها در این تحقیق نشان داد که جایگزین کردن کودهای نیتروژن با کودهای آلی در باغ‌های ناکارا، باعث بهبود اثرات زیست‌محیطی تولید انگور خواهد شد (Vázquez-Rowe *et al*., 2012). در تحقیق دیگری در ایتالیا با استفاده از رویکرد چرخه حیات نشر گازهای گل‌خانه‌ای در تولید انگور در تاکستان‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد در تاکستان‌های انگور اقدامات مدیریتی از جمله تغییر در خاک‌ورزی نقش عمده‌ای در کاهش انتشار کربن دی‌اکسید معادل به جو داشته‌اند (Marras *et al*., 2015). در تحقیقی در ایتالیا تولید انگور و فرآوری آن با دیدگاه ارزیابی چرخه حیات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد در مرحله تولید انگور در تاکستان نوع الگوی کشت نقش پررنگی در میزان اثرهای زیست‌محیطی در تولید انگور دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد انتشار مستقیم ناشی از مصرف کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی، مهم‌ترین عامل در ایجاد آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از کشت انگور بوده‌است که با تغییر در الگوی کشت بوته‌های انگور به‌صورت ۰/۸ متر فاصله بوته‌ها روی هر ردیف و ۳ متر فاصله بین ردیف‌های کشت می‌توان از میزان آن کاست (Ferrari *et al*., 2017). در تحقیقی مشابه در کانادا میزان نشر گازهای گل‌خانه‌ای در چرخه حیات تولید هر کیلوگرم انگور ۷۳۰ گرم دی‌اکسید کربن معادل برآورد شد. در این تحقیق مدیریت مصرف کودهای شیمیایی، جایگزینی کودهای آلی با کودهای شیمیایی، استفاده از کودهایی با فراریت کم‌تر و استفاده از کودهای سبز پوششی برای کاهش اثرات حیطی ناشی از کشت انگور، توصیه شده است (Point *et al*., 2012).

با توجه به اهمیت انگور و گسترش تولید آن در سال‌های

اخیر در ایران و هم‌چنین امکان صادرات آن به شکل‌های مختلف این محصول، هدف از تحقیق حاضر بررسی دقیق جریان انرژی و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف انرژی، با هدف شناسایی نهاده‌های مصرفی که بیش‌ترین آسیب زیست‌محیطی را در تولید انگور دارند و همچنین تعیین مقدار آلایندگی تولید انگور در گروه‌های تأثیر زیست‌محیطی و ارائه راه‌کارهای مناسب در جهت بهبود کارایی انرژی و همچنین کاهش بار زیست‌محیطی تولید انگور است.

مواد و روش‌ها

شهرستان اراک با تولید متوسط سالیانه ۵۰ هزار تن (۳۸ درصد از کل تولید انگور در استان مرکزی) از تولیدکنندگان عمده انگور به‌شمار می‌آید. سطح زیر کشت انگور در شهرستان اراک حدود ۷۵۶۴ هکتار (۷۵ درصد از کل سطح زیر کشت در استان) می‌باشد (Anonymous, 2014). در این تحقیق، تاکستان‌های شهرستان اراک در منطقه هزاوه، به دلیل این‌که کشت انگور یکی از اصلی‌ترین منابع درآمدزایی ساکنین این منطقه است و با داشتن دارای مزارع وسیع مهم‌ترین قطب تولیدی انگور و دیگر فرآورده‌های انگور نظیر شیره‌انگور در استان مرکزی می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفت. کل جامعه آماری در این تحقیق ۸۵ تاکستان انگور بوده است که این تعداد پرسش‌نامه به‌صورت حضوری و براساس اطلاعات یک‌سال زراعی توسط باغدارانی که پروش انگور را روی پشته و به روش سنتی (به‌دلیل عدم استفاده از تکنولوژی در تولید، میزان انرژی مصرفی نیز متفاوت از روش‌های پرورش مکانیزه است) انجام می‌دهند، تکمیل گردید. با این حال تنها اطلاعات اخذ شده از ۵۸ باغدار کامل و مورد استناد بود که برای این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.

مطالعه جریان انرژی

تجزیه و تحلیل انرژی درکشاورزی نقش قابل‌توجهی در توسعه دیدگاه انسان نسبت به بوم‌نظام‌های زراعی داشته و موجب ارتقاء کیفی تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها در مدیریت و توسعه‌بخش کشاورزی می‌شود (Rathke and Diepenbrock, 2006). از سوی دیگر، تعیین انرژی مصرف شده در هر مرحله از فرآیند تولید برای فراهم‌آوردن مبنایی جهت محافظت از منابع و همچنین مساعدت در زمینه مدیریت پایدار و سیاست‌گذاری‌های مربوطه است (Chaudhary *et al.*, 2006). در این مطالعه برای بررسی جریان انرژی، از میزان انرژی معادل هریک از نهاده‌ها و ستانده‌ها که با استفاده از ضرایب انرژی متناظر با آن‌ها برآورد شده، استفاده شده است. محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید انگور (فعالیت‌های کشاورزی در تاکستان‌های مورد بررسی توسط نیروی کارگری انجام شده است و همچنین از پمپ آب الکتریکی نیز استفاده نشده است بنابراین در این مطالعه نهاده‌های متداولی همچون ماشین‌های کشاورزی و الکتریسته ارائه نشده‌اند) نیز در جدول شماره ۱ بیان شده است.

هم‌چنین برای تولید و مصرف انرژی در تولید محصولات کشاورزی، شاخص‌هایی منظور شده (شاخص‌ها و روابط مربوط به محاسبه آن‌ها در ادامه ذکر شده‌اند) که به کمک این شاخص‌ها می‌توان تولید و مصرف انرژی در قسمت‌های گوناگون یک سیستم با یک‌دیگر مقایسه نمود. علاوه برآن این شاخص‌ها، امکان مقایسه چند سیستم تولیدی با یک‌دیگر را میسر خواهند کرد. با کمک این شاخص‌ها، دلایل احتمالی مصرف بالای انرژی در فرآیند و یا سیستم خاصی به‌راحتی کشف شده و به محقق در رفع اشکالات و مصرف صحیح انرژی یاری می‌رساند، مهم‌ترین این شاخص‌ها در روابط (۱) تا (۴) نشان داده شده‌اند (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2014):

$$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی}\left(\text{مگاژول بر هکتار}\right)}{\text{انرژی ورودی}\left(\text{مگاژول بر هکتار}\right)} \qquad (۱)$$

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد}\left(\text{کیلوگرم بر هکتار}\right)}{\text{انرژی ورودی}\left(\text{مگاژول بر هکتار}\right)} \qquad (۲)$$

$$\text{شدت انرژی} = \frac{\text{انرژی ورودی}\left(\text{مگاژول بر هکتار}\right)}{\text{عملکرد}\left(\text{کیلوگرم بر هکتار}\right)} \qquad (۳)$$

$$\text{افزوده خالص انرژی} = \text{انرژی خروجی} - \text{انرژی ورودی} \qquad (۴)$$

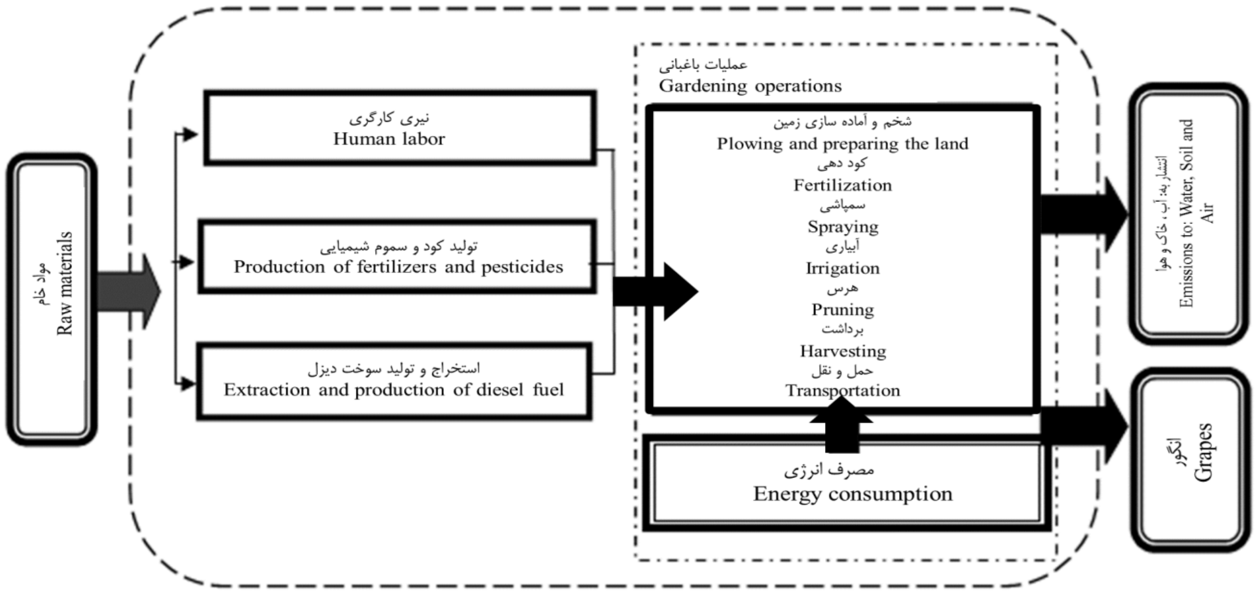
ارزیابی چرخه حیات

ارزیابی چرخه حیات یک روش قابل استناد و کاربردی برای بررسی اثرهای زیست‌محیطی در فرآیند تولید محصولات کشاورزی است که به جنبه‌های عملی و زیست‌محیطی در سراسر چرخه حیات یک محصول از استخراج و فرآوری مواد خام تا تولید، مصرف، پایان اعمال زیستی، بازیافت و دفع نهایی می‌پردازد. بر اساس استاندارد، ارزیابی چرخه حیات دارای چهار مرحله تعریف هدف و دامنه، تحلیل سیاهه، ارزیابی اثرهای چرخه حیات و تفسیر نتایج است که در ادامه مراحل ذکر شده به تفصیل بیان شده است (ISO, 2006). به‌طور کلی هر مطالعه در رابطه با ارزیابی چرخه حیات، با بیان آشکار و صریح اهداف مطالعه آغاز می‌گردد که نشان‌دهنده زمینه‌های مطالعه بوده و توضیح می‌دهد که چگونه و برای چه کسی نتایج مورد توجه قرار گرفته و استفاده می‌شوند. استانداردهای ایزو بیان می‌کنند که هدف ارزیابی چرخه حیات باید به‌خوبی و به وضوح تعریف شده و هماهنگ با کاربردهای مورد نظر باشد (ISO, 2006). هدف از این تحقیق، مطالعه اثرهای زیست‌محیطی تولید انگور می‌باشد.

جدول ۱- محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید انگور
Table 1- Input and output energy content in grape production

عنوان (واحد) **Title (Unit)**	هم‌ارز انرژی **Equivalent energy** **(MJ Unit^{-1})**	منبع **Reference**
نهاده‌ها Inputs		
حمل و نقل (hr) Transportation	13.06	(Ozkan *et al*., 2007)
سوخت دیزل (L) Diesel fuel	47.8	(Kitani, 1999)
نیروی کارگری (hr) Human labour	1.96	(Kitani, 1999)
کودهای شیمیایی (kg) Fertilizers Chemical		
نیتروژن Nitrogen	78.1	(Elhami *et al*., 2016)
فسفات Phosphate	17.4	(Elhami *et al*., 2016)
پتاسیم Potassium	13.7	(Elhami *et al*., 2016)
سولفور Sulfur	1.12	(Nabavi-Pelesaraei *et al*., 2014)
کود پرندگان (kg) Manure	0.3	(Kitani, 1999)
سموم شیمیایی (kg) Chemical pesticides		
قارچ‌کش Fungicide	216	(Zangeneh *et al*., 2010)
حشره‌کش Insecticide	101.2	(Zangeneh *et al*., 2010)
آب آبیاری (m^3) Irrigation water	1.02	(Hamedani *et al*., 2011)
ستانده Output		
انگور (kg) Grapes	11.8	(Ozkan *et al*., 2007)

از سوی دیگر، مستندات هدف شامل جزئیات فنی می‌باشد که برای تحقیقات بعدی حالت راهنما دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است. در بخش تعیین هدف، دو عامل واحد کارکردی و همچنین تعیین مرز سامانه نقش مهمی دارند. واحد کارکردی یک واحد پایه برای محاسبات چرخه حیات است که مقادیر ورودی‌ها در مرحله دوم چرخه حیات (تحلیل سیاهه) جمع‌آوری و محاسبه می‌شوند (ISO, 2006). تعیین واحد کارکردی بسته به محصول مورد مطالعه و هدف مطالعه می‌تواند به‌صورت جرم محصول، سطح و یا تعداد، متفاوت در نظر گرفته شود. در مطالعه‌های مربوط به محصولات کشاورزی واحد کارکردی به‌طور معمول به‌صورت کیلوگرم یا تن محصول تولید شده در نظر گرفته می‌شود. بنابراین در این مطالعه واحد کارکردی برابر با یک تن انگور تولید شده در نظر گرفته شد. مرز سامانه که به‌صورت نموداری از روند ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه تولید مورد مطالعه نشان داده می‌شود، تمامی مراحل مورد مطالعه در چرخه زندگی محصول با توجه به هدف تعریف شده، از تولید ورودی‌ها تا انتقال به واحد تولیدی و مراحل تولید را شامل می‌شود. در شکل ۱ مرز سامانه مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۱- چرخه حیات و مرز سامانه در تولید انگور

Fig. 1. Life cycle and system boundary in grape production

هدف از مرحله تحلیل سیاهه، محاسبه میزان انتشار مواد طی فرآیند تولید محصول مورد مطالعه به داخل هوا، آب و خاک است. خروجی این مرحله، لیست مواد منتشرشده به‌ازای واحد کارکردی است (ISO, 2006). در هر مرحله از تولید محصول، باید دو نوع انتشار شامل میزان انتشار به ازای تولید نهاده‌های مصرفی در آن مرحله و میزان انتشار به ازای مصرف نهاده‌ها در آن مرحله در نظر گرفته شود. داده‌های به‌دست آمده از مقدار نهاده‌های مصرفی و خروجی فرآیند تولید در هر قسمت وارد نرم‌افزار سیماپرو شد و در مرحله بعد از پایگاه داده اکواینونت[1] برای محاسبه میزان انتشار به‌ازای تولید نهاده‌های مصرفی استفاده شد. پایگاه داده اکواینونت، حاوی میزان انتشار مواد مختلف به داخل هوا، خاک و آب به ازای مراحل مختلف تولید محصولات مختلف می‌باشد که داده‌های موجود در این پایگاه داده برای تولید محصولات مختلف در کشورهای مختلف و هم‌چنین در کل جهان تعریف شده‌اند که می‌توان از این دسته داده‌ها برای مطالعه ارزیابی چرخه حیات در تولید محصولات در ایران استفاده کرد (هرچند اکثر کودهای شیمیایی و هم‌چنین سموم در خارج از ایران تولید می‌شوند و فرآیند تولید آن‌ها در ایران انجام نشده است). در ادامه نحوه محاسبات مربوط به میزان انتشار به‌ازای مصرف نهاده‌ها در تولید انگور در تاکستان‌ها ذکر شده است.

الف) آلاینده‌های هوا ناشی از مصرف سوخت دیزل: این نوع آلاینده‌ها با استفاده از ضرایب موجود در جدول ۲ محاسبه شده است (Nemecek *et al.*, 2007).

ب) انتشار گاز آمونیاک: حدود ۹۰ درصد از انتشار گاز آمونیاک در ارتباط با بخش کشاورزی و مرتبط با مصرف کودهای دامی و شیمیایی می‌باشد (Brentrup *et al.*, 2000). برای برآورد میزان انتشار این گاز، از جدول ۳ که فاکتورهای انتشار این گاز را متناسب با منبع تولید آن نشان می‌دهد استفاده شده است. با توجه به در دسترس نبودن این اعداد برای ایران، از مقادیر میانگین آن که در منابع برای کشورهای دیگر گزارش شده است، استفاده گردید. در این مطالعه برای محاسبه انتشار گاز آمونیاک از رابطه (۵) استفاده شده است (Brentrup *et al.*, 2000).

$$NH_3 = \frac{(N_{fer} \times F_{fer}) + (N_{FYM} \times F_{FYM})}{1.21} \qquad (۵)$$

که در آن، N_{fer} میزان نیتروژن موجود در کود شیمیایی مورد نظر به کیلوگرم، F_{fer} ضریب انتشار گاز آمونیاک متناسب با کود مورد استفاده، N_{FYM} میزان نیتروژن موجود در کودهای دامی به کیلوگرم، F_{FYM} ضریب انتشار گاز آمونیاک برای کود پرندگان می‌باشند که ضرایب مندرج در جدول ۳ به‌دست می‌آید.

ج) انتشار گاز نیتروز اکساید: منشأ این گاز می‌تواند، نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار، کودهای دامی و بقایای گیاهی باشد. انتشار مستقیم نیتروز اکساید با استفاده از رابطه (۶) محاسبه شده است:

$$N_2O - N_{(direct)} = (N_{fer} + N_{FYM} + N_{res}) \times F_1 \qquad (۶)$$

که در این رابطه $N_2O\text{-}N_{direct}$ میزان انتشار مستقیم نیتروز اکساید، N_{res} میزان نیتروژن بقایای گیاهی، F_1 فاکتور انتشار N_2O (با

1- EcoInvent database

واحد $\frac{kgN_2O-N}{kgN}$) بوده و مقدار آن برابر با ۰/۰۱ می‌باشد (IPCC, 2006).

د) انتشار نیترات: منشأ انتشار نیترات، کود شیمیایی اوره، کود پرندگان و بقایای گیاهی می‌باشد. نیترات آزاد شده در اثر استفاده از این مواد به آب منتشر می‌شود. نیترات منتشر شده به آب با استفاده از رابطه (۷) محاسبه شده است (IPCC, 2006):

$$NO_3^- - N = (N_{fer} + N_{FYM} + N_{res}) \times Frac_{LEACH} \quad (۷)$$

جدول ۲- مقادیر انتشارآلاینده‌ها به هوا برای استحصال یک مگاژول انرژی از سوخت دیزل در پایگاه داده اکواینونت

Table 2- Air emission pollution values for extraction of one MJ of diesel fuel in EcoInvent database

آلاینده‌های هوا **Air pollutants**	**مقدار** **Amount (g MJ^{-1} diesel)**
دی‌اکسید کربن Carbon dioxide (CO_2)	74.5
دی‌اکسید گوگرد Sulfur dioxide (SO_2)	2.41E-02
متان Methane (CH_4)	3.08E-03
بنزن Benzene	1.74E-04
کادمیم Cadmium (Cd)	2.39E-07
کروم Chromium (Cr)	1.19E-06
مس Copper (Cu)	4.06E-05
دی‌نیتروژن مونوکسید Dinitrogen monoxide (N_2O)	2.86E-03
نیکل Nickel (Ni)	1.67E-06
روی Zinc (Zn)	2.39E-05
بنزو Benzo (a) pyrene	7.16E-07
آمونیوم Ammonia (NH_3)	4.77E-04
سلنیوم Selenium (Se)	2.39E-07
هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای PAH (polycyclic hydrocarbons)	7.85E-05
هیدورکربن‌ها Hydro carbons (HC, as NMVOC)	6.80E-02
اکسیدهای نیتروژن Nitrogen oxides (NO_x)	1.06
مونوکسیدکربن Carbon monoxide (CO)	1.50E-01
ذرات معلق Particulates (b5/2 μm)	1.07E-01

جدول ۳- فاکتور انتشار گاز آمونیاک برای کودهای مختلف

Table 3- NH_3 emission factor for various fertilizers

عامل انتشار (نوع کود) **Emissions factor (type of fertilizer)**	درصد انتشار **Emission (%)**	منبع **Reference**
اوره Urea	17	(Brentrup *et al.*, 2000)
آمونیوم نیترات، کلیسم آمونیم نیترات Ammonium nitrate, ammonium nitrate calcium	2	(Brentrup *et al.*, 2000)
فسفات آمونیوم Ammonium phosphate	5	(Brentrup *et al.*, 2000)
آمونیوم سولفات Ammonium sulfate	10	(Brentrup *et al.*, 2000)
کودهای حیوانی Animal fertilizers	2	(IPCC, 2006)

در این رابطه، $Frac_{LEACH}$ ضریب تبدیل $\frac{kgNO_3^- - N}{kgN_{applied}}$ بوده و مقدار آن برابر با ۰/۳ می‌باشد .

ه) انتشار فسفر (P): بخشی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی وآلی به علت آب‌شویی و فرسایش خاک به آب منتشر می‌شود که ضریب انتشار مربوط به آن ۰/۰۵ می‌باشد (IPCC, 2006).

در بین نهاده‌های مصرفی در منطقه مورد مطالعه انتشارات حاصل از ماده موثره سموم شیمیایی به‌عنوان انتشارات به خاک در نظر گرفته شده است (IPCC, 2006). دیازینون[1] و تیلت[2] به‌ترتیب برای کنترل حشرات و قارچ‌ها در منطقه مورد استفاده قرار گرفته است. با مشخص کردن میزان انتشارات به هوا، آب و خاک و در دسترس بودن میزان مصرف هرکدام از نهاده‌ها و میزان تولید هر کدام از خروجی‌ها، سیاهه نهاده‌ها/ ستانده‌ها در ارتباط با سامانه مورد مطالعه تکمیل و مورد بررسی قرارگرفت.

در مطالعات ارزیابی چرخه حیات، تحلیل سیاهه با ارزیابی اثر ادامه می‌یابد. خروجی تحلیل سیاهه، لیست بلندی از میزان انتشار مواد مختلف به محیط‌زیست است که مقایسه و بررسی این نتایج غیرممکن است. بنابراین از گروه‌بندی‌های مختلف برای ساده کردن کار استفاده می‌شود، بدین صورت که نتایج حاصل از تحلیل سیاهه در گروه‌های مختلفی که گروه‌های ثاثیر[3] زیست‌محیطی نامیده می‌شوند، دسته‌بندی می‌شوند (ISO, 2006). روش‌های مختلفی برای ارزیابی اثرهای زیست‌محیطی ارائه شده است که در این مطالعه ارزیابی اثرهای زیست‌محیطی بر اساس روش سی‌ام‌ال[4] انجام شد. با استفاده از این روش، ده گروه تأثیر زیست‌محیطی با نام‌های تقلیل منابع غیرآلی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای، گرمایش جهانی، نقصان لایه ازون، پتانسیل مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، پتانسیل مسمومیت خاک و اکسیداسیون فتوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت (مدل سی‌ام‌ال اثرات مخرب زیست‌محیطی را در ۱۱ گروه بررسی و اندازه‌گیری می‌کند که در این مطالعه از بررسی تقلیل منابع غیرآلی، فسیلی چشم‌پوشی شده است). روش‌های مختلفی، مقایسه شاخص هر گروه تأثیر زیست‌محیطی با یک مقدار مرجع (نرمال) را امکان‌پذیر می‌کند؛ بدین‌صورت که هر گروه تأثیر زیست‌محیطی به یک مقدار مرجع تقسیم می‌شود. این فرآیند، نرمال‌سازی[5] نامیده می‌شود. مقدار مرجعی که معمولاً برای این کار مورد استفاده قرار می‌گیرد، مقدار متوسط بار زیست‌محیطی سالانه در یک کشور یا اقلیم به ازای هر فرد می‌باشد. مرجع موردنظر می‌تواند به‌صورت دلخواه انتخاب شود. هرکدام از بخش‌های اثر دارای واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی می‌باشند. این امر موجب می‌شود که مقایسه اهمیت بخش‌های اثر متفاوت ممکن نباشد. نرمال‌سازی بخش‌های اثر، واحدهای اندازه‌گیری این بخش‌ها را یکسان می‌سازد؛ در نتیجه مقایسه‌ی بین آن‌ها، حتی توسط افراد غیرمتخصص نیز، ممکن می‌شود (ISO, 2006). بر این اساس، در مدل سی‌ام‌ال برای تبدیل مقادیر واقعی اثرات زیست محیطی به مقادیر نرمال شده مربوط به شاخص‌های زیست‌محیطی از ضرایب خاصی استفاده می‌شود که این ضرایب در نرم‌افزار سیماپرو موجود است و علاوه بر ارائه نتایج به‌صورت گروه‌بندی شده، آن‌ها را به‌صورت نرمال شده نیز ارائه می‌کند. در مرحله انتهایی ارزیابی اثرات زیست‌محیطی به‌منظور بی‌بعد کردن شاخص‌ها، فراهم کردن امکان مقایسه آن‌ها و درک بهتر نتایج حاصل عمل وزن‌دهی[6] انجام می‌شود. دراین مرحله شاخص یا نتایج نرمال‌شده با مولفه‌های انتخاب شده وزن‌دهی و بی‌بعد می‌گردند. در

1- Diazinon
2- Tilt
3- Impact categories
4- CML 2 baseline 2000 V2.05 / World, 1997/characterization
5- Normalization
6- Weighting

مدل سی ام ال برای تبدیل مقادیر واقعی اثرات زیست‌محیطی به مقادیر وزن دار شده مربوط به شاخص ها از ضرایب وزنی استفاده می‌شود که شاخص‌های وزن‌دار شده با واحد pPt[1] برآورد می‌گردد. ضرایب استفاده شده ازنرم‌افزار سیماپرو استخراج شده که در جدول ۶ ارائه شده‌اند.

تحلیل جریان انرژی

انگور در منطقه مورد مطالعه دارای اراضی با وسعت زیر کشت متنوع بوده است؛ به‌طوری که بخش قابل توجهی از اراضی، زیر نیم هکتار، بخشی بین نیم تا یک هکتار و بخش دیگری نیز بیش از یک هکتار می‌باشند. به‌منظور بررسی تأثیر وسعت تاکستان بر میزان مصرف انرژی و مقایسه انرژی خروجی مزارع با ابعاد متفاوت، باغ‌های زیر کشت محصول در منطقه مورد بررسی به سه دستهٔ کوچک (زیر نیم هکتار)، متوسط (نیم تا یک هکتار) و بزرگ (بیش از یک هکتار) تقسیم شدند و سپس مقایسه آماری این سه دسته توسط آزمون دانکن[2] در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید که با توجه به معنی‌دار بودن اثر اندازه زمین با ابعاد تعریف شده بر مصرف انرژی، این تحقیق در سه سطح انجام شد که نتایج آن درجدول ۴ نشان داده شده است. بر این اساس، به‌طور متوسط برای تولید یک تن انگور در منطقه مورد مطالعه ۱۸۵۴ مگاژول انرژی از منابع مختلف مصرف شده است. در مقابل متوسط انرژی خروجی برای هر تن انگور با توجه به محتوی انرژی انگور ۱۱۸۰۰ مگاژول بر تن برآورد شده است. نتایج مقایسه آماری نشان داد که از لحاظ انرژی مصرفی کل برای تولید هر تن انگور، بین تاکستان‌های بزرگ و متوسط اختلاف معنی‌داری وجود ندارد درحالی‌که مصرف انرژی در تاکستان‌های کوچک برای تولید هر تن انگور، اختلاف میانگین معنی‌داری نسبت به دو نوع متوسط و بزرگ دارد (در حدود ۴۶ تا ۴۷ درصد مصرف انرژی بیشتری دارد). نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان تفاوت آماری بین سه سطح مزرعه، در مورد نهاده‌های نیروی کارگری و کود پرندگان است.

بر اساس نتایج، کودهای شیمیایی با سهم ۳۸ درصد از کل انرژی‌های ورودی، عنوان پرمصرف‌ترین نهاده مصرفی را به‌خود اختصاص داده است که از این بین، سهم کود نیتروژن (۲۶ درصد)، سهم کود فسفاته (۶ درصد) سهم کود پتاسه (۶ درصد) و سهم کود سولفوره (در حدود صفر درصد) از کل سهم انرژی‌های مصرفی در هکتار بوده است. میزان مصرف کودهای شیمیایی به‌خصوص نیتروژن، به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده، حاکی از مصرف بی‌رویه این نهاده توسط باغداران در منطقه مورد مطالعه است که این استفاده بی‌رویه، برگرفته از تجربیات نادرست باغداران این منطقه بوده است. استفاده مناسب و بهینه از کودها و یا جایگزینی با کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست (به دلیل کیفیت بهتر، جایگزین مناسبی برای کود آلی حیوانی نیز می‌باشد) می‌تواند تأثیر به‌سزایی در کاهش مصرف کود شیمیایی داشته باشد تا علاوه برکاهش مصرف انرژی از پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی نیز جلوگیری شود. کود پرندگان با سهم ۲۶ درصد از کل نهاده‌های مصرفی، یکی دیگر از نهاده‌های پرمصرف منطقه به‌شمار می‌آید که مهم‌ترین علل آن، عدم استفاده از کودپاش‌های سانتریفوژ و به‌جای آن به‌کارگیری نیروی کارگری جهت پخش این نهاده، عدم توجه به نظرات کارشناسان منطقه در مورد وضعیت خاک و میزان صحیح پخش (مصرف ده تن کود حیوانی در زمان کاشت برای هر هکتار باغ انگور توصیه شده است که هر دو سال یک‌بار نیز ۲۰ تن کود حیوانی در هر هکتار باغ به خاک اضافه شود. در حالی‌که در منطقه مورد مطالعه، میزان کودی که استفاده می‌شود، به‌طور میانگین در حدود از ۲۸ تن در هر سال زراعی بوده است) و بی‌دقتی نیروی کارگری در نحوه استفاده از کود پرندگان می‌باشد. نیروی کارگری که از مهم‌ترین نهاده‌های مصرفی در باغداری سنتی و نیمه‌مکانیزه ایران شناخته می‌شود، چهارمین نهاده پرمصرف در تولید انگور به‌شمار می‌رود. انرژی کارگری مصرف شده در عملیات؛ برداشت محصول، آماده‌سازی زمین، وجین محصول، سمپاشی (در دو مرحله)، کودپاشی و آبیاری به‌ترتیب با ۱۵۱۹، ۱۳۷۵، ۳۲۳، ۲۹۷، ۲۴۹ و ۲۳۱ مگاژول بر هکتار برآورد شده است. بررسی‌ها نشان داد که صاحبان تاکستان‌های مورد مطالعه، استفاده از ماشین‌ها و ادوات را یا مقرون به‌صرفه نمی‌دانند و یا امکان استفاده از آن ماشین را به علت عدم دسترسی، به‌خصوص در مرحله برداشت محصول، ندارند. در نتیجه روند رشد تکنولوژی در تولید این محصول علاوه بر این‌که در راستای مکانیزاسیون کشاورزی قدم برنمی‌دارد بلکه مسیری خلاف جهت آن را به‌طور ناخواسته در پیش‌گرفته است و انرژی کارگری بسیار زیادی را بدون هدف به هدر می‌دهد. بنابراین آموزش کشاورزان و ترغیب آن‌ها به حرکت در جهت توسعه مکانیزاسیون در محصولاتی که به‌صورت نیمه سنتی تولید می‌شوند، برای افزایش کارایی در مصرف انرژی ضروری به نظر می‌رسد. سهم نیروی کارگری برای تولید انگور در باغ‌های استان تهران ۶ درصد (Karimi and Moghaddam, 2016)، برای تولید انگور در استان آذربایجان غربی در ایران ۶/۶۶ درصد (Mardani and Taghavifar, 2016)، برای تولید انگور در استان آذربایجان غربی در ایران ۵/۳ درصد (Hamedani *et al.*, 2016) و برای تولید انگور در ترکیه ۱۷/۰۴ درصد (انگور گل‌خانه‌ای) و ۵/۶۹ درصد (تولید در تاکستان) (Ozkan *et al.*, 2007) محاسبه شده است که مقایسه نتایج مصرف زیاد نیروی کارگر را در باغ‌های سنتی مطالعه شده در

1- Pt is an abbreviation of Point which is the unit of the weighting results with 1000 Pt the total environmental impact of one (average) European citizen during one year

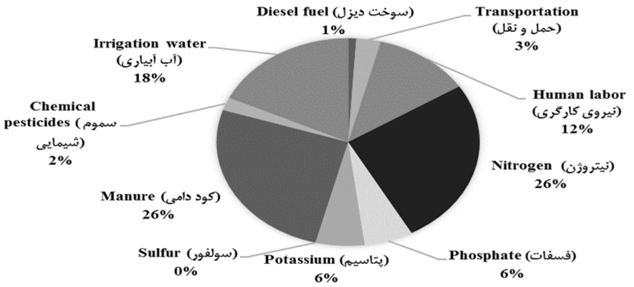
2- Duncan test

این تحقیق با سایر باغ‌ها که در آن‌ها در بخش‌های مختلف از نیروی تراکتور استفاده شده است را نشان می‌دهد. این رقم برای باغ‌های کیوی استان گیلان در ایران ۵ درصد (Soltanali *et al*., 2017)، برای باغ‌های پرتقال استان گیلان ۳/۳۲ درصد (Nabavi-Pelesaraei *et al*., 2014) و برای باغ‌های سیب استان تهران در ایران برابر ۶/۸ درصد (Mousavi-Avval *et al*., 2011) محاسبه شده است. در تحقیقی مشابه در شهرستان ملایر، کودهای شیمیایی، الکتریسیته (در تحقیق حاضر برای آبیاری از پمپ الکتریکی استفاده نشده است) و کود پرندگان به‌ترتیب بیش‌ترین سهم انرژی مصرف شده را با ۳۷٪، ۱۹٪ و ۱۸٪ دارا بوده‌اند (Hamedani *et al*., 2011). همچنین در تولید انگور آذربایجان غربی کود نیتروژن با ۳۵/۶ درصد و آبیاری با ۲۱/۸۱ درصد بیش‌ترین سهم را در مصرف انرژی به‌خود اختصاص داده‌اند (Mardani and Taghavifar, 2016). در تاکستان‌های انگور تهران نیز کود نیتروژن، کود پرندگان و آبیاری عوامل اصلی مصرف انرژی بوده‌اند (Karimi and Moghaddam, 2016). در تولید انگور گل‌خانه‌ای در ترکیه، الکتریسته مصرفی با انرژی معادل ۲۷/۶۴ درصد از کل انرژی مصرفی، بیش‌ترین سهم را در مصرف انرژی به‌خود اختصاص داده است. درحالی‌که در تولید مزرعه‌ای انگور، سوخت دیزل با ۳۱/۹۲ درصد بیش‌ترین سهم را در مصرف انرژی داشته است (Ozkan *et al*., 2007).

جدول ٤- انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید محصول انگور در منطقه هزاوه شهرستان اراک

Table 4- Input and output energy in grape production of Hazavah region Arak county

عنوان Title	انرژی ورودی و خروجی تولید انگور در سه اندازه زمین Input and output energy of grape production in three sizes of land (MJ ton^{-1})			میانگین Average (MJ ton^{-1})	میانگین Average (MJ ha^{-1})
	کوچک Small (0.5 ha>)	متوسط Medium (0.5 ha–1.5 ha)	بزرگ Large (1 ha<)		
نهاده‌ها Inputs					
حمل و نقل Transportation	97.79 [a]	54.05 [b]	55.21 [b]	62.97	1129.89
سوخت دیزل Diesel fuel	13.79 [a]	7.86 [b]	8.04 [b]	8.99	161.22
نیروی کارگری Human labour	345.27 [a]	210.48 [b]	183.83 [c]	222.74	3996.47
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers					
نیتروژن Nitrogen	762.64 [a]	379.71 [b]	395.23 [c]	471.32	8456.34
فسفات Phosphate	169.91 [a]	89.32 [b]	88.05 [b]	106.01	1902.00
پتاسیم Potassium	186.38 [a]	98.96 [b]	107.79 [b]	118.95	2134.12
سولفور Sulfur	10.67 [a]	4.86 [b]	6.36 [b]	6.71	120.40
کود پرندگان Manure	738.53 [a]	434.17 [b]	396.60 [c]	474.52	8513.79
سموم شیمیایی Chemical pesticides	62.60 [a]	37.13 [b]	34.87 [c]	40.38	724.50
آب آبیاری Irrigation water	553.62 [a]	272.75 [b]	286.52 [c]	341.42	6125.71
کل انرژی نهاده‌ها Total inputs energy	2941.18 [a]	1587.30 [b]	1562.50 [b]	1854.00	33264.47
ستانده Output					
انرژی خروجی Output energy	11800	11800	11800	11800	211715.80



شکل ۲– سهم نهاده‌های مختلف از کل انرژی ورودی در تولید انگور

Fig. 2. The contribution of different inputs from the total input energy in grape production

نتیجه محاسبه شاخص‌های انرژی در هر یک از سطوح تقسیم‌بندی زمین در جدول ۵ خلاصه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود شاخص نسبت انرژی در تولید انگور شهرستان اراک (منطقه هزاوه) به‌طور میانگین برابر با ۵/۷۵ به‌دست‌آمده است. به این معنی که به‌ازای مصرف هر مگاژول انرژی برای تولید هر هکتار انگور به‌طور میانگین ۵/۷۵ مگاژول انرژی تولید شده است. در مطالعات مشابه، نسبت انرژی برای تولید انگور در ترکیه ۲/۹۹ (انگور گل‌خانه‌ای) و ۵/۱۰ (تولید در تاکستان) (Ozkan *et al.*, 2007)، برای تولید انگور در استان تهران در ایران ۶/۳۸ (Karimi and Moghaddam, 2016) و برای تولید انگور در استان آذربایجان غربی در ایران ۵/۴۷ (Mardani and Taghavifar, 2016) برآورد شده است. مقایسه نتیجه تحقیق حاضر با مطالعه‌های ذکر شده نشان می‌دهد میانگین شاخص نسبت انرژی در تولید انگور در این مطالعه در مقایسه با شاخص نسبت انرژی تولید انگور در تهران رقم کم‌تری را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده این مطلب است که پتانسیل خوبی برای افزایش نسبت انرژی در تولید انگور وجود دارد، بنابراین لزوم ارائه راهکارهایی برای افزایش این شاخص احساس می‌شود. همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود، نسبت انرژی در تاکستان‌های متوسط و بزرگ از میانگین محاسبه شده برای کل منطقه بیش‌تر است، بنابراین لزوم یکپارچه‌سازی و ادغام تاکستان‌های کوچک برای افزایش نسبت انرژی در تولید هر هکتار انگور ضروری است. با توجه به این‌که بیش‌ترین تفاوت بین مصرف انرژی برای تولید هر تن انگور در سه سطح مورد بررسی، مربوط به کود پرندگان و نیروی کارگری بوده است، در مرحله اول و قبل از ادغام باغ‌های کوچک، مصرف بهینه این دو نهاده به باغداران توصیه می‌شود. هم‌چنین شاخص بهره‌وری برابر با ۰/۴۸ کیلوگرم بر مگاژول به‌دست آمد؛ یعنی به‌ازای هر مگاژول مصرف انرژی ۰/۴۸ کیلوگرم محصول تولید شده است. در تحقیق‌های دیگر در زمینه تولید انگور این شاخص برای تولید انگور در استان تهران در ایران ۰/۵۴ (Karimi and Moghaddam, 2016) و برای تولید انگور در استان آذربایجان غربی در ایران ۰/۴۶ (Mardani and Taghavifar, 2016) برآورد شده است. شدت انرژی نیز برابر با ۲/۴۵ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شده است که نشان می‌دهد برای تولید هر کیلوگرم از محصول ۲/۴۵ مگاژول انرژی صرف شده است. هر قدر این نسبت بزرگ‌تر باشد بیان‌گر هدر رفتن بیشتر انرژی است. بر این اساس مقایسه نتایج نشان می‌دهد در تولید انگور در تاکستان‌های کوچک در حدود ۵۳ درصد هدررفتن انرژی در تولید انگور نسبت به تاکستان‌های بزرگ و متوسط وجود داشته است. این شاخص برای برخی از محصولات باغی ایران از قبیل باغ‌های کیوی استان گیلان برابر ۴/۰۱ درصد (Soltanali *et al.*, 2017)، برای باغ‌های پرتقال استان گیلان برابر ۱/۰۳ درصد (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2014) و برای باغ‌های سیب استان تهران برابر ۲/۰۶ درصد (Mousavi-Avval *et al.*, 2011) می‌باشد.

تحلیل شاخص‌های زیست‌محیطی در کشت انگور

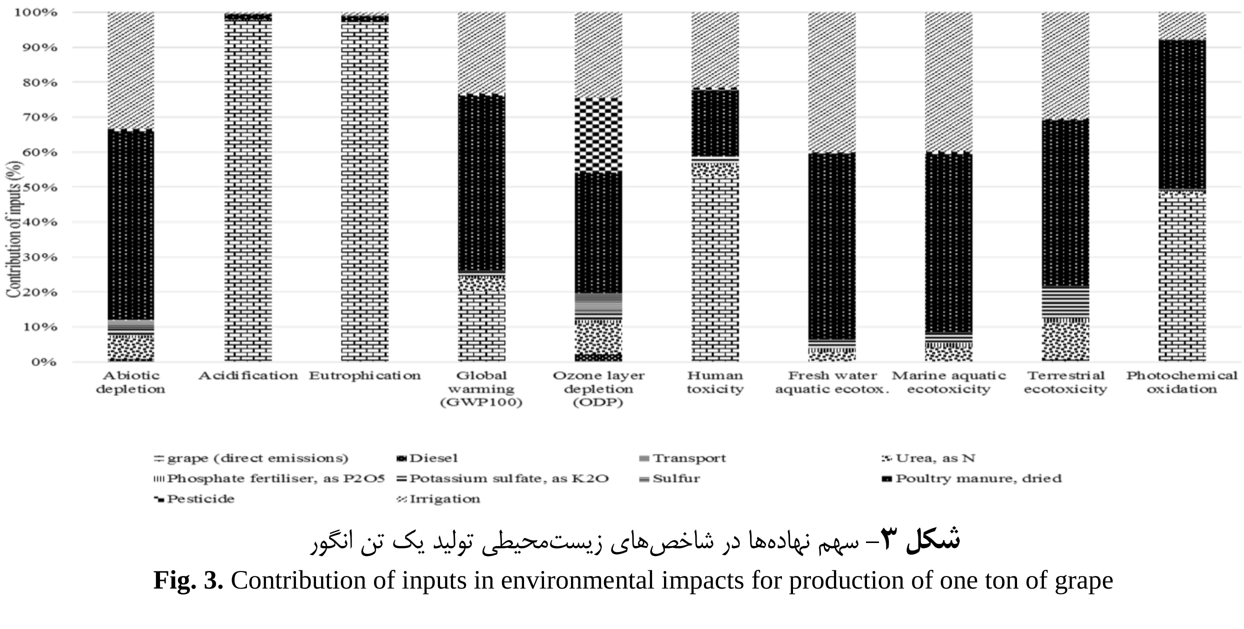
به‌منظور ارزیابی زیست‌محیطی تولید انگور در تاکستان‌های منطقه هزاوه شهرستان اراک، چرخه حیات این محصول در مرز سامانه تعریف شده و بر اساس واحد کارکردی یک تن انگور تولیدی در هر تاکستان مورد مطالعه قرار گرفت. در شکل ۳ سهم هریک از نهاده‌های ورودی و هم‌چنین انتشارات مستقیم ناشی از مصرف نهاده‌ها در تاکستان در هریک از بخش‌های اثر نشان داده شده است. بر این اساس در بخش‌های اثر تقلیل منابع غیرآلی، مسمومیت آب‌های سطحی و مسمومیت آب‌های آزاد، آبیاری و کود پرندگان عمده‌ترین نقش را در ایجاد اثرهای ذکر شده داشته‌اند. در حالی‌که در بخش‌های اثر اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای، انتشارات مستقیم حاصل از مصرف کودها و سموم و هم‌چنین انتشارات ناشی از سوختن گازوییل عامل اصلی در انتشار آلاینده‌های موجود را به خود اختصاص داده است. در گروه تأثیر زیست‌محیطی گرمایش جهانی، کود پرندگان، آب آبیاری و انتشارات مستقیم درون تاکستان به‌ترتیب ۵۰، ۲۳ و ۲۰ درصد از کل انتشارات مربوط به این گروه تأثیر زیست‌محیطی را متعلق به‌خود نموده‌اند. این نتیجه لزوم استفاده

صحیح و کارا از کود پرندگان بـا وجـود آلـی بـودن تأکیـد مـی‌کنـد. آفت‌کش مصرفی نیز تنها بر روی گروه تأثیر زیسـت‌محیطـی نقصـان لایه ازون تأثیر قابل ملاحظه‌ای را با ۲۱ درصد از سهم کل بـه جـای گذاشته است. در تحقیقـی آمونیـوم و اکسـیدهای نیتـروژن ناشـی از مصرف کود نیتروژن در تاکستان دلیل اصلی ایجاد اسیدی شدن خاک عنوان شده‌اند و انتشارات ناشی از مصرف مستقیم کودهای فسـفاته و پتاسه عامل اصلی در ایجاد شاخص پتانسیل اختناق دریاچه‌ای بوده‌اند (Vázquez-Rowe *et al.*, 2012).

جدول ۵- شاخص‌های انرژی در تولید انگور منطقه هزاوه شهرستان اراک

Table 5- Energy impacts for grape production in of Hazavah region of Arak county

عنوان Title	واحد Unit	شاخص‌های انرژی تولید انگور در سه سطح اندازه زمین Energy impacts of grape production in three levels of land size ($MJ\ ha^{-1}$)			میانگین Average
		کوچک Small (0.5 ha>)	متوسط Medium (0.5 ha–1.5 ha)	بزرگ Large (1 ha<)	
نسبت انرژی Energy ratio	–	5.62	7.47	7.59	5.75
بهره‌وری انرژی Energy productivity	$kg\ MJ^{-1}$	0.34	0.63	0.64	0.48
شدت انرژی Specific energy	$MJ\ kg^{-1}$	2.90	1.57	1.55	2.45
افزوده خالص انرژی Net energy gain	$MJ\ ha^{-1}$	148579.10	206659.80	256173.80	178451.32



شکل ۳- سهم نهاده‌ها در شاخص‌های زیست‌محیطی تولید یک تن انگور

Fig. 3. Contribution of inputs in environmental impacts for production of one ton of grape

همچنین شاخص‌های زیست‌محیطی محاسبه شده در تولید انگور در جدول ۶ نشان داده شده است. یکی از مهم‌ترین گـروه‌هـای تـأثیر زیست‌محیطی مورد بررسی در مطالعات ارزیابی چرخه حیات، شاخص گرمایش جهانی است. در این مطالعه میزان گرمایش جهانی ناشـی از تولید هر تن انگور برابر با ۵۰۸/۶۳ کیلوگرم کـربن دی‌اکسـید معـادل برآورد شده است. میزان انتشار کربن دی‌اکسید معادل در تولید انگـور در ایتالیا برای هر تن انگور ۸۱/ ۶۱ بـرآورد شـده اسـت (Ferrari *et al.*, 2017). این شـاخص در تحقیـق دیگـری ۳۹۰ کیلـوگرم کـربن

دی‌اکسید برای تولید هر تن انگور برآورد شده است (Marras *et al.*, 2015). مقایسه نتایج نشان میزان گرمایش جهانی برای تولید انگور در منطقه مور مطالعه را بالاتر نشان می‌دهد که مهم‌ترین دلیل آن ناکارایی مصرف انرژی در تولید سنتی انگور (کشت پشته‌ای و غیرمکانیزه) در منطقه مورد بررسی است.

جدول ٦–شاخص‌های زیست‌محیطی در کشت انگور به‌ازای یک تن محصول

Table 6. Environmental impacts in the production of grapes per ton of product

گروه تأثیر زیست‌محیطی Impact category	واحد Unit	شاخص‌های زیست‌محیطی تولید انگور در ابعاد مختلف زمین Environmental impacts of grape production in diffrent sizes of land (per ton) کوچک Small (0.5 ha>)	 متوسط Medium (0.5 ha–1.5 ha)	 بزرگ Large (1 ha<)	میانگین Average (per ton)	نرمال‌سازی Normalization ($\times 10^{-9}$)	ضریب وزن‌دهی Weighting factor	وزن‌دهی Weighting (Pt)
تقلیل منابع غیرآلی Abiotic depletion	kg Sb $_{eq.}$	4.12 [a]	3.74 [b]	2.85 [c]	2.85	1.67	0.58	1.67
اسیدی شدن Acidification	kg SO_2 $_{eq.}$	128.33 [a]	96.56 [b]	96.45 [b]	99.45	148	1.49	148
اختناق دریاچه‌ای Eutrophication	kg PO_4^{-2} $_{eq.}$	34.63 [a]	24.31 [b]	25.86 [b]	26.73	53.19	1.99	53.19
گرمایش جهانی Global warming	kg CO_2 $_{eq.}$	698.69 [a]	629.04 [b]	498.68 [c]	508.63	2.01	0.0039	2.01
نقصان لایه ازون Ozone layer depletion	kg CFC-11 $_{eq.}$	0.0000457 [a]	0.000039 [b]	0.000031 [c]	0.00003	0.032	1020	0.032
مسمومیت انسان‌ها Human toxicity	kg 1,4-DCB $_{eq.}$	648.40 [a]	522.32 [b]	468.73 [c]	478.82	2.55	0.0053	2.55
مسمومیت آب‌های سطحی Fresh water aquatic ecotox	kg 1,4-DCB $_{eq.}$	252.11 [a]	231.42 [a]	175.28 [b]	175.29	23.30	0.043	7.56
مسمومیت آب‌های آزاد Marine aquatic ecotox	kg 1,4-DCB $_{eq.}$	[a]394177	358114 [b]	272734 [c]	272662	85.60	0.0001	27.80
مسمومیت خاک Terrestrial ecotox	kg 1,4-DCB $_{eq.}$	3.01 [a]	2.65 [b]	2.06 [c]	2.06	2.25	0.345	0.73
اکسیداسیون فتوشیمیایی Photochemical oxidation	kg C_2H_4 $_{eq.}$	0.68 [a]	0.59 [b]	0.54 [b]	0.56	3.11	5.49	3.11
کل Total								246.65

* مقادیر موجود در هر ردیف که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، درسطح ۵ درصدآزمون دانکن اختلاف معنی¬داری با هم ندارند.

نتایج نرمال‌سازی نشان می‌دهد اسیدی بیش‌ترین میزان آلایندگی را به‌خود اختصاص داده است که براساس شکل ۳ مصرف مستقیم نهاده‌ها در باغ مهم‌ترین عامل ایجاد آن می‌باشد (بیش از ۹۵ درصد). همچنین نتایج وزن‌دهی نشان داد که مقدار کل آلاینده‌های

زیست‌محیطی برای تولید یک تن انگور برابر با ۲۴۶/۶۵ ($pPt\ ton^{-1}$) است که از این مقدار، ۱۴۸ ($pPt\ ton^{-1}$) مربوط به اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای با ۵۳/۱۹ ($pPt\ ton^{-1}$) در جایگاه بعدی قرار دارد. در حالی‌که نقصان لایه ازون کم‌ترین آسیب زیست‌محیطی را در تولید انگور به‌خود اختصاص داده است. در باغ‌های انگور ایتالیا سمیت خاک نزدیک به ۵۰ درصد این شاخص را به‌خود اختصاص داده است و پس از آن کاربری زمین قرار داشت (Ferrari *et al.*, 2017). این شاخص برای تولید هر تن کلزا در شمال ایران با استفاده از روش سی‌ام‌ال، ۱۱۹۸/۸۰ ($pPt\ ton^{-1}$) محاسبه شده است که ۸۵۷/۳۲ ($pPt\ ton^{-1}$) مربوط به فرآیندهای تولید نهاده‌ها در خارج از مزرعه و ۳۴۱/۴۸ ($pPt\ ton^{-1}$) مربوط به مرحله مصرف نهاده‌ها در داخل مزرعه است (Mousavi-Avval *et al*., 2017). در تولید هلو (Ingrao *et al*., 2015) با استفاده از روش ایمپکت ۲۰۰۲[1]، آبیاری بیشترین اثر مخرب زیست‌محیطی را به‌خود اختصاص داده است.

در پایان به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف تولید انگور بر میزان اثرهای زیست‌محیطی تولیدشده به‌ازای هر تن محصول تولیدی، میزان اثرهای نامطلوب زیست‌محیطی از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است که نتایج آن در جدول ۶ ارائه داده شده است. براساس نتایج به‌دست آمده، در تمامی گروه‌های تأثیر زیست‌محیطی مطالعه شده اختلاف میان تاکستان‌های کوچک و بزرگ به لحاظ آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد بوده است بدین معنی که تاکستان‌های بزرگ به دلیل عملکرد بیش‌تر در واحد سطح، نسبت به تاکستان‌های کوچک‌تر، علاوه بر کارایی بیشتر در مصرف انرژی، از لحاظ زیست‌محیطی کارایی بهتری دارند. بنابراین لزوم یکپارچه‌سازی تاکستان‌های منطقه مورد مطالعه و احداث باغ‌هایی با اندازه بزرگ‌تر از یک هکتار بیش از هر عامل دیگری می‌تواند در کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی تأثیر خود را نشان دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که برای تولید هر تن انگور، ۱۸۵۴ مگاژول انرژی مصرف‌شده است که این میزان انرژی مصرفی منجر به تولید ۱۱۸۰۰ مگاژول انرژی معادل با یک تن انگور شده است. مصرف انرژی معادل کود پرندگان، کود شیمیایی نیتروژن و آب آبیاری به‌ترتیب برابر ۴۷۴/۲۵، ۴۷۱/۳۲ و ۳۴۱/۴۲ مگاژول بر تن محاسبه و به همین ترتیب به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده‌های مورد مطالعه معرفی گردیدند. هم‌چنین مقایسه آماری بین سطوح مختلف تاکستان‌های مورد مطالعه نشان داد که بین انرژی کل نهاده‌ها و هم‌چنین انرژی خروجی در سه سطح کوچک، متوسط و بزرگ تاکستان‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج مقادیر نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده خالص انرژی به‌ترتیب برابر با ۵/۷۵، ۰/۴۸ $kg\ MJ^{-1}$ و ۱۷۸۴۵۱ $MJ\ ha^{-1}$ محاسبه شدند. ارزیابی چرخه حیات تولید انگور در منطقه مورد مطالعه نشان داد که انتشارات مستقیم در تولید انگور (کاربرد نهاده‌ها)، کود پرندگان و آب آبیاری بیش‌ترین تأثیر را بر روی انتشار آلایندگی از گروه‌های تأثیر زیست‌محیطی مختلف داشته‌اند. هم‌چنین مقایسه آماری تأثیر سطوح مختلف تولید انگور بر میزان بارهای محیطی تولید شده نشان داد که تاکستان‌های بزرگ علی‌رغم مصرف بیش‌تر نهاده‌ها، به دلیل عملکرد بیش‌تر در واحد سطح، تولید پاک‌تر و با آلایندگی کمتری را نسبت به تاکستان‌های کوچک‌تر داشته‌اند. با توجه به این‌که کودهای شیمیایی سهم قابل‌توجهی از انرژی مصرفی را در تولید به‌خود اختصاص داده‌اند، بنابراین انجام تحقیقات کاربردی به‌منظور تعیین میزان نیاز گیاه به مواد غذایی در مراحل مختلف رشد و هم‌چنین تعیین مقدار مناسب کود شیمیایی مورد نیاز خاک با استفاده از آزمون خاک و نظر کارشناسان تأثیر قابل‌توجهی در کاهش میزان انرژی مصرفی و کاهش اثرهای مخرب زیست‌محیطی خواهد داشت. مدیریت در مصرف آب آبیاری و کاهش میزان مصرف آب با هزینه بسیار ناچیزی می‌تواند علاوه بر کاهش چشم‌گیر اثرهای زیست‌محیطی، باعث افزایش عملکرد نیز گردد. هم‌چنین، قیمت بالای تولید مکانیزه انگور و عدم ترویج و شفاف‌سازی تأثیر چشمگیر تولید مکانیزه بر افزایش عملکرد و کاهش نهاده‌های مصرفی در تاکستان‌های بزرگ، منجر به افزایش کاربرد نیروی کارگری، تأخیر در انجام عملیات و افزایش بی‌رویه کودهای شیمیایی در منطقه مورد مطالعه شده است که برای رفع این مشکلات، راه‌اندازی شرکت‌های خدمات مکانیزه که می‌توانند به انجام شدن به موقع عملیات کمک کرده و از تلفات محصول جلوگیری کنند، توصیه می‌گردد.

Refernces

1. Anonymous. 2014. Agricultural Statistics of Iran, 2013-2014.Horticultural Products, Statistical publications.
2. Brentrup, F., J. Küsters, J. Lammel, and H. Kuhlmann. 2000. Methods to estimate on-field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector. The International

1- Impact 2002+

Journal of Life Cycle Assessment 5: 349-357.
3. Ingrao, C. A., C. Matarazzo, M. Tricase, T. Clasadonte, and D. Huisingh. 2015. Life cycle assessment for highlighting environmental hotspots in Sicilian peach production systems. Journal of Cleaner Production 92: 109-120.
4. Chaudhary, V., B. Gangwar, and D. Pandey. 2006. Auditing of energy use and output of different cropping systems in India. Agricultural Engineering International: CIGR Journal.
5. Elhami, B., A. Akram, and M. Khanali. 2016. Optimization of energy consumption and environmental impacts of chickpea production using data envelopment analysis (DEA) and multi objective genetic algorithm (MOGA) approaches. Information Processing in Agriculture 3: 190-205.
6. FAO. 2014. World food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: 2014.
7. Ferrari, A. M., M. Pini, D. Sassi, E. Zerazion, and P. Neri. 2017. Effects of grape quality on the environmental profile of an Italian vineyard for Lambrusco red wine production. Journal of Cleaner Production.
8. Hamedani, S., R. A. Keyhani, and R. Alimardani. 2011. Energy use patterns and econometric models of grape production in Hamadan province of Iran. Energy 36: 6345-6351.
9. IPCC. 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan 2: 48-56.
10. ISO, I. 2006. 14040 International standards. Environmental Management–Life Cycle Assessment–Principles and Framework, International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland.
11. Karimi, M., and H. Moghaddam. 2016. On-farm energy flow in grape orchards. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.
12. Kitani, O. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering: Plant production engineering. American Society of Agricultural & Biological Engineers.
13. Mani, I., P. Kumar, J. Panwar, and K. Kant. 2007. Variation in energy consumption in production of wheat–maize with varying altitudes in hilly regions of Himachal Pradesh, India. Energy 32: 2336-2339.
14. Mardani, A., and H. Taghavifar. 2016. An overview on energy inputs and environmental emissions of grape production in West Azerbayjan of Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews 54: 918-924.
15. Marras, S., S. Masia, P. Duce, D. Spano, and C. Sirca. 2015. Carbon footprint assessment on a mature vineyard. Agricultural and Forest Meteorology 214: 350-356.
16. Mousavi-Avval, S., H. S. Rafiee, and A. Mohammadi. 2011. Optimization of energy consumption and input costs for apple production in Iran using data envelopment analysis. Energy 36 (2): 909-916.
17. Mousavi-Avval, S., H. S. Rafiee, M. Sharifi, S. Hosseinpour, B. Notarnicola, G. Tassielli, and P. A. Renzulli. 2017. Application of multi-objective genetic algorithms for optimization of energy, economics and environmental life cycle assessment in oilseed production. Journal of Cleaner Production 140: 804-815.
18. Nabavi-Pelesaraei, A., R. Abdi, S. Rafiee, and H., G. Mobtaker. 2014. Optimization of energy required and greenhouse gas emissions analysis for orange producers using data envelopment analysis approach. Journal of Cleaner Production 65: 311-317.
19. Nemecek, T., T. Kägi, and S. Blaser. 2007. Life cycle inventories of agricultural production systems. Final report ecoinvent v2. 0 No 15.
20. Ozkan, B., C. Fert, and C. F. Karadeniz. 2007. Energy and cost analysis for greenhouse and open-field grape production. Energy 32: 1500-1504.
21. Point, E., P. Tyedmers, C. Naugler. 2012. Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada. Journal of Cleaner Production 27: 11-20.
22. Rathke, G. W., and W. Diepenbrock. 2006. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. European Journal of Agronomy 24: 35-44.
23. Rebitzer, G., T. Ekvall, R. Frischknecht, D. Hunkeler, G. Norris, T. Rydberg, W. P. Schmidt, S. Suh, B. P. Weidema, and D. W. Pennington. 2004. Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. Environment International 30: 701-720.
24. Sahle, A., and J. Potting. 2013. Environmental life cycle assessment of Ethiopian rose cultivation. Science of the Total Environment 443: 163-172.
25. Soltanali, H., B. Emadi, A. Rohani, M. Khojastehpour, and A. Nikkhah. 2015. Life cycle assessment modeling of milk production in Iran. Information Processing in Agriculture 2 (2): 101-108.

26. Soltanali, H., A. Nikkhah, and A. Rohani. 2017. Energy audit of Iranian kiwifruit production using intelligent systems. Energy 139: 646-654.
27. Tzilivakis, J., D. Warner, M. May, K. Lewis, and K. Jaggard. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural Systems 85: 101-119.
28. Vázquez-Rowe, I., P. Villanueva-Rey, D. Iribarren, M., T. Moreira and G .Feijoo. 2012. Joint life cycle assessment and data envelopment analysis of grape production for vinification in the Rías Baixas appellation (NW Spain). Journal of Cleaner Production 27: 92-102.
29. Zangeneh, M., M. Omid, and A. Akram. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. Energy 35: 2927-2933.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 1, Spring - Summer 2019, p. 177-193

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۸، ص ۱۹۳-۱۷۷

Energy Consumption Analysis and Environmental Impact Assessment of Grape Production in Hazavah Region of Arak City

P. Mohseni[1]- A. M. Borgheei[2*]- Majid Khanali[3]

Received: 26-09-2017
Accepted: 02-01-2018

Introduction

Today, grapes are cultivated in a vast zone worldwide. Grapes are among the major horticultural produced in Iran and the country is ranked 10th in the world for the grape production. Therefore, efficient use of energy from this crop is very important. Energy is one of the principal requirements for the economic growth and development of agriculture. Scientific forecasts and analysis of energy consumption will be of great importance for planning the energy strategies and policies. The enhancement of the energy efficiency not only helps in improving competitiveness through cost reduction but also results in minimized greenhouse gas (GHG) emissions and environmental impacts. In other hand, energy analysis in the crop production systems enables to identify the effective farming system in different farm size with respect to energy parameters. Based on mentioned points, the objective of this study was to evaluate the energy flow of grape production in three sizes (small, medium and large) of land and then, the life cycle of the production in Hazavah Region of Arak city, Iran.

Materials and Methods

In this study, data were obtained from 58 growers using face-to-face questionnaires in Arak county of Iran. Orchards were selected using stratified random sampling. Investigation of the energy flow in a production system necessitate calculating input–output energies. In order to deal with this part, energy coefficients were taken into account to convert all agricultural inputs to their energy equivalent. In other words, each input was converted to its energy equivalent by multiplying the application rate of agricultural inputs used within the system by its energy coefficient. In order to evaluate how efficient, the system under study is, some well-known indicators have been introduced and widely applied when a production system is appraised. In this study, a life cycle approach was used for assessment of environment impacts of the grapes production. Life Cycle Assessment (LCA) refers to the process of compiling and evaluating the inputs, outputs and the potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle. Goal and scope definition, inventory analysis, life cycle impact assessment and life cycle interpretation are four mandatory steps, which should be followed in a full LCA study. The characterization factors used in this study were adapted from Simapro software which is linked to EcoInvent database.

Results and Discussion

On average, the values of consumed and produced energies were 1854 MJ ton^{-1} and 11800 MJ ton^{-1}, respectively. Among all input energies, chemical fertilizers held the first rank with an amount of about 704 MJ ton^{-1}. It accounted for 38% of the total energy used in the production season. Energy use efficiency, which is a ratio between output and input energy, was calculated as 5.75. Also, the energy productivity was estimated as 0.48, meaning that 0.48 kg grapes is produced when one MJ energy is consumed. The total Global Warming (GW) was calculated as 508.63 kg $CO_{2\ eq.}$ ton^{-1}. The farm size had an influential effect on the GW and other impact categories. An increase in the farm size led to reduction in the environment impacts. It means that the value of GW for large farms fell at 498.68 kg $CO_{2\ eq.}$ ton^{-1} and the value of GW for small farms fell at 698.69 kg $CO_{2\ eq.}$ ton^{-1}. The upshot was that GW and other impact categories for large farms were significantly

1- PhD student, Department of Agricultural Systems Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Professor, Department of Mechanics of Biosystems Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Associate Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: borghaee3@gmail.com)

less than its counterpart in small farms due to the high value of grapes produced in large farm groups. Impacts of manure played a more important role on GW. Also, direct emissions of chemical fertilizers made high contribution to acidification and eutrophication. Management of using chemical fertilizers can be an appropriate way to reduce the acidification, eutrophication and other environmental impacts on the grape production.

Conclusions

Chemical fertilizers (38%), demonstrated their pivotal roles in total energy consumption. The direct emissions in the grape production resulted from high application of chemical fertilizers contributed considerably to some environmental impacts. It suggested establishing a sustainable and environmental friendly grape production system in the region with application of efficient fertilizers by integrated nutrient management.

Keywords: Energy analysis, Grape, Life cycle assessment, Productivity